

IAP9 Rec'd PCT/PTO 22 AUG 2006

Automatisierungssystem und Verfahren zur Erkennung und Korrektur von Anschlussfehlern

Die Erfindung betrifft ein Automatisierungssystem sowie Verfahren zur Erkennung und Korrektur von Anschlussfehlern bei an ein Automatisierungssystem angeschlossenen Feldgeräten.

Automatisierte Produktions- und Fertigungsanlagen bestehen prinzipiell aus den zu automatisierenden Anlagenteilen (Produktions- und Fertigungseinrichtungen), dem Automatisierungssystem sowie den Verbindungselementen zwischen Anlage und Automatisierungssystem. Solche Verbindungselemente sind u.a. Sensoren und Aktoren (Feldgeräte) sowie die für deren Anschaltung notwendigen Leitungskomponenten. Leitungskomponenten können dabei beispielsweise herkömmliche Kupferleitungen, Thermoleitungen, Ausgleichsleitungen, Kompensationsdosen etc. sein. Für die Erfassung und Beeinflussung von Prozessgrößen, wie Temperatur, Druck, Ventilstellung etc., werden häufig passive nichtintelligente Sensoren, wie beispielsweise Thermoelemente, Thermowiderstände, Drucksensoren, Schwingungssensoren, Widerstandsgeber, Stellungssensoren etc., sowie nichtintelligente Aktoren, wie beispielsweise Ventile, Relais, Motoren etc., verwendet.

Um einen Sensor oder einen Aktor an eine Peripheriebaugruppe des Automatisierungssystems anzuschließen, müssen die Anschlüsse des Sensors oder Aktors mit mindestens ebenso vielen Anschlüssen der Peripheriebaugruppe verbunden werden. Hierbei können Speise- und Messleitungen unterschieden werden, wobei Sensoren neben  $n=2$  Messleitungen zumeist noch  $m=0$  Speiseleitungen aufweisen, da viele Sensoren durch Ströme, Frequenzen etc. versorgt werden müssen, um eine messbare Reaktion zu zeigen. Ein Aktor besitzt neben  $m=2$  Speiseleitungen zur Vorgabe der Stellgröße noch  $n=0$  Messleitungen, um das Verhalten des Aktors zu überwachen. Dabei können bei vielen Sensoren

und Aktoren  $k=0$  Leitungen sowohl zur Speisung als auch zur Messung verwendet werden. Mess- und Speisegrößen können beispielsweise Strom, Spannung, Frequenzen etc. sein. Einen typischen Aufbau einer Installation eines Feldgerätes 1 an eine konventionelle Peripheriebaugruppe 2 eines Automatisierungssystems zeigt FIG 1. Dabei sind die Feldgeräteanschlüsse 3 mit den Anschlüssen 4 einer Speisekomponente 5 und den Anschlüssen 6 einer Messkomponente 7 verbunden, welche an eine Steuerungseinheit 8 angeschlossen sind.

Einige Sensoren und Aktoren lassen sich auch mit geringerer Leitungsanzahl betreiben, indem Messung und Speisung über gemeinsame Leitungen erfolgen. Der Verzicht auf Leitungen führt dabei in der Regel zu Genauigkeitsverlusten. Bei Widerstandsgebern gilt beispielsweise, dass die Messwerte umso mehr durch Leitungswiderstände verfälscht werden, je weniger Leitungen verwendet werden. Die FIG 2 bis 4 zeigen typische Beschaltungen von Widerstandsgebern 9 mit vier, drei und zwei Leitungen. Gespeist werden die Widerstandsgeber 9 jeweils mit einem Strom, gemessen wird daraufhin eine Spannung, woraus der Widerstand berechnet werden kann. Die  $m$  Speiseleitungen 10 sind dabei mit durchbrochenen Linien dargestellt, während für die  $n$  Messleitungen 11 und  $k$  kombinierte Speise-/Messleitungen 12 durchgehende Linien verwendet werden.

Grundsätzlich besteht bei der Installation eines Feldgerätes (Sensor oder Aktor) immer die inhärente Gefahr einer Fehlschaltung, wobei umso leichter Fehler entstehen, je mehr Leitungen ein solches Feldgerät und umso mehr Anschlüsse die Peripheriebaugruppe pro Kanal besitzt. Zusätzlich können auch im laufenden Betrieb Fehler an den Leitungskomponenten wie Drahtbruch oder Kurzschluss entstehen.

Unabhängig davon, ob Fehler aufgrund von falscher Installation oder im laufenden Betrieb entstehen, haben sie in der Regel falsche oder ungenaue Messwerte zur Folge, die, sofern sie nicht sofort erkannt werden, die Qualität des Herstel-

lungsprozesses wie auch der Produkte erheblich beeinträchtigen und zu Produktionsausschuss führen können. Ebenso entsteht in diesen Fällen ein erheblicher Aufwand, die Ursache der Beeinträchtigung zu lokalisieren und zu beheben. FIG 5 bis 7 zeigen Beispiele fehlerhafter Installationen von Vier-, Drei- und Zwei-Draht-Widerstandsgebern.

Heutige Peripheriebaugruppen sind in der Lage, das Vorhandensein eines Fehlers zu erkennen und führen diesen aufgrund des Fehlerbildes auf Leitungsbrüche und Kurzschlüsse zurück. Von Nachteil ist es dabei, dass die Lokalisierung eines erkannten Fehlers zu dessen Behebung eine gewisse Qualifikation des Wartungspersonals voraussetzt.

Ein weiterer Nachteil bekannter Peripheriebaugruppen ist es, dass Fehler, die bei der Installation eines Feldgerätes entstehen, nicht sofort, sondern erst bei Inbetriebnahme des gesamten Automatisierungssystems diagnostiziert werden können. Da die hierbei entdeckten Fehler von Hand korrigiert werden müssen, entsteht ein erhöhter Aufwand, wenn das Wartungspersonal nicht mehr direkt vor Ort an dem falsch installierten Feldgerät ist. Tritt ein Fehler im laufenden Betrieb auf, wie beispielsweise Drahtbruch oder Kurzschluss, hat dies meist den Stillstand des Prozesses mit entsprechendem Produktionsausfall zur Folge, sofern keine Redundanz vorgesehen ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den Aufwand bei der Erkennung bzw. Korrektur von Anschlussfehlern in einem Automatisierungssystem zu verringern.

Diese Aufgabe wird durch ein Automatisierungssystem nach Anspruch 1 gelöst. Ein Grundgedanke der Erfindung ist es danach, jeden Feldgeräteanschluss des Automatisierungssystems und damit auch jeden Anschluss des angeschlossenen Feldgerätes wahlfrei mit jedem Anschluss der Mess- bzw. Speisekomponente zu verbinden. Hierzu wird zwischen den Feldgeräteanschlüssen des Automatisierungssystems und der Mess- bzw.

Speisekomponente eine entsprechende Verbindungseinheit eingefügt.

- Diese Verbindungseinheit ist vorzugsweise als eine Switch-Matrix ausgebildet. Die Switch-Matrix kann sowohl diskret als auch integriert mit elektronischen, mechanischen, mikroelektromechanischen, optischen oder magnetischen Schaltungselementen realisiert werden.
- 10 In einer Ausführungsform der Erfindung wird die Switch-Matrix durch eine Steuerungseinheit gesteuert. Hierzu wird vorzugsweise ein Mikrocontroller, ein digitaler Signalprozessor (DSP) oder eine Finite State Machine o.ä. eingesetzt. Eine derartige Steuerungseinheit ist in der Regel bereits vorhanden, um empfangene Messwerte zu verarbeiten, zu filtern, zu linearisieren, auszuwerten etc., so dass hierfür im Allgemeinen keine zusätzliche Komponente benötigt wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn Switch-Matrix und Steuerungseinheit als Bestandteile eines integrierten Schaltkreises ausgebildet sind.

- Die erfindungsgemäße Aufgabe wird darüber hinaus durch ein Verfahren nach Anspruch 5 gelöst. Ein Grundgedanke der Erfindung ist es danach, dass zur Erkennung von Anschlussfehlern bei an ein Automatisierungssystem angeschlossenen Feldgeräten das Einspeisen eines Signals in ein Feldgerät und das Bestimmen einer dem Feldgerät zugeordneten Messgröße an frei wählbaren Anschlusskombinationen erfolgt, welche mittels der Verbindungseinheit auf einfachste Art bereitgestellt werden können.

- Vorzugsweise läuft dabei das Verfahren wie folgt ab: Durch die Speisekomponente wird ein Signal in das Feldgerät eingespeist. Dieses Signal enthält eine sensor- oder aktorspezifische elektrische oder andere physikalische Größe. Für die Bestimmung dieser Größe ist dem Automatisierungssystem der Typ des angeschlossenen Feldgerätes bekannt. Mittels der Ver-

bindungseinheit kann das Signal an beliebigen Feldgeräteanschlüssen des Automatisierungssystems ausgegeben werden. Die Messkomponente kann ebenfalls mit Hilfe der Verbindungseinheit Messgrößen an beliebigen Feldgeräteanschlüssen des Automatisierungssystems bestimmen. Aus den Messgrößen kann die Auswerteeinheit Rückschlüsse über die äußere Verdrahtung, also die Beschaltung des Feldgerätes, ziehen.

In einer weiteren Ausführungsform erfolgt ein Wiederholen des Einspeisens und Bestimmens unter Verwendung anderer Anschlusskombinationen. Durch die Abfolge mehrerer Speisungen und Messungen wird eindeutig identifiziert, wie das Feldgerät angeschlossen ist. Dabei kann die Abfolge entweder starr vorgegeben sein oder in Abhängigkeit von vorangegangenen Messungen und Speisungen dynamisch angepasst werden. Das Verfahren kann zur Speisung und Messung sowohl an einem einzelnen Feldgeräteanschluss, als auch an einer beliebigen Anzahl von Feldgeräteanschlüssen verwendet werden.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird darüber hinaus durch ein Verfahren nach Anspruch 8 gelöst. Ein Grundgedanke der Erfindung ist es danach, dass nach einem Erkennen von Anschlussfehlern bei an ein Automatisierungssystem angeschlossenen Feldgeräten eine Korrektur dieser Fehler mittels der Verbindungseinheit erfolgt. Dabei wird für das Erkennen der Anschlussfehler vorzugsweise das Verfahren gemäß Anspruch 5 eingesetzt. Mit anderen Worten sind das erfindungsgemäße Erkennungsverfahren und das erfindungsgemäße Korrekturverfahren vorzugsweise in Verbindung miteinander anwendbar.

Unter einem Anschlussfehler wird dabei jede nichtoptimale Beschaltung eines Feldgerätes, einschließlich Leitungsschäden, verstanden. Eine Korrektur des Anschlussfehlers im Sinne der Erfindung umfasst darüber hinaus nicht nur das Beseitigen des Anschlussfehlers durch Herstellen einer optimalen Beschaltung. Vielmehr wird darunter auch das Herstellen einer Be-

schaltung zur Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit des Feldgerätes oder zur Minimierung von Schäden etc. verstanden.

- Das Feldgerät wird gemäß einer Ausführungsform der Erfindung durch Anpassung der Verbindungseinheit in einer dem jeweiligen Feldgerätetyp entsprechenden bestmöglichen Beschaltung betrieben. Hierzu erfolgt eine Steuerung der Verbindungseinheit durch eine Steuerungseinheit. Die Steuerungseinheit gibt anhand der identifizierten Beschaltung und in Kenntnis des Feldgerätetyps und der zur Verfügung stehenden Komponenten die bestmögliche Beschaltung für den Feldgerätetyp an. Ist beispielsweise bekannt, dass es sich bei dem Feldgerät um einen Temperaturwiderstand handelt, so wird ermittelt, ob dieser mit einer Zwei-, Drei- oder Vierdrahtschaltung angeschlossen ist. Entsprechend dem Ergebnis der Ermittlung wird dann mit Hilfe der Steuerungseinheit eine bestmögliche Beschaltung des Temperaturwiderstandes vorgenommen, sofern diese nicht bereits vorliegt. Die Steuerungseinheit ist dabei vorzugsweise mit der Auswerteeinheit kombiniert. Somit ist eine unmittelbare Steuerung der Verbindungseinheit in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Messwertauswertung möglich. Diese Ausführungsform ist besonders in den Fällen anwendbar, wenn keine Angaben über den Feldgeräteanschluss bekannt sind.
- In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erfolgt ein Abgleich der identifizierten Beschaltung mit einer bekannten Projektierung, insbesondere hinsichtlich Feldgerätetyp, Anschaltungsart, Anschlussbelegung etc. Bei Diskrepanzen zwischen Beschaltung und Projektierung erfolgt eine Korrektur des Anschlussfehlers. Zuvor kann in einem Zwischenschritt eine genauere Diagnose durch weitere Speisungen und Messungen erfolgen. Darüber hinaus kann das Feldgerät durch Anpassungen der Verbindungseinheit an die bestehende Beschaltung ohne Genauigkeitsverlust betrieben werden, sofern nur Leitungen im Vergleich zur Projektierung vertauscht wurden, also keine Drahtbrüche, Kurzschlüsse etc. vorliegen.

Die Korrektur des Anschlussfehlers gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung kann einerseits darin liegen, dass mittels der Verbindungseinheit eine Anpassung der vorgefundenen Schaltung an die ursprüngliche Projektierung erfolgt. Andererseits kann die Korrektur des Anschlussfehlers auch dadurch erfolgen, dass die ursprüngliche Projektierung geändert wird. Mit anderen Worten erfolgt dann mittels der Verbindungseinheit eine Anpassung der Schaltung an den vorgefundenen Anschlussfehler. Die ursprüngliche Projektierung wird hierzu  
10 abgeändert und in ihrer neuen Fassung hinterlegt. Dadurch wird eine Konsistenz von Projektierung und aktueller Schaltung erreicht, so dass das Wartungspersonal o.ä. stets Zugriff auf aktuelle Daten hat.

15 Beim Anlagenhochlauf ergibt sich durch das erfindungsgemäße Automatisierungssystem bzw. die erfindungsgemäßen Erkennungs- und Korrekturverfahren der Vorteil einer automatischen Identifikation der Sensor-/Aktorbeschaltung. Darüber hinaus ist eine detaillierte Diagnose bei Diskrepanzen zwischen Projektierung und Beschaltung, eine automatische Korrektur von Lei-  
20 tungsvertauschungen sowie ein automatisches Betreiben des Sensors/Aktors in bestmöglicher Betriebsart möglich.

Die erfindungsgemäßen Verfahren können aber auch im laufenden  
25 Betrieb zur Überprüfung und Korrektur von Installationsfehlern genutzt werden. Werden im laufenden Betrieb Leitungsfehler (Drahtbruch, Kurzschluss etc.) entdeckt, kann nicht nur eine genaue Diagnose für das Wartungspersonal erfolgen. Die Verbindungseinheit kann darüber hinaus in vielen Fällen dem  
30 Fehler angepasst werden, um die Komponente ohne merklichen Genauigkeitsverlust in einer Art Notbetrieb weiterzubetreiben. Um diesen Genauigkeitsverlust zu minimieren, können Daten herangezogen werden, die bei den Messungen zur Schaltungskonfiguration gewonnen wurden. Ist kein Notbetrieb mög-  
35 lich, kann dem Wartungspersonal eine exakte Diagnose des vorliegenden Fehlers zur Verfügung gestellt werden. Das Verfahren kann auch zur Überprüfung verwendet werden, ob der oder

die Fehler vom Wartungspersonal korrigiert worden sind, um gegebenenfalls automatisch den normalen Betriebsmodus zu reaktivieren. Mit anderen Worten können Prozessstillstände bei Leitungsschäden im laufenden Betrieb minimiert bzw. gänzlich durch folgende vorteilhafte Merkmale vermieden werden: Automatische Überprüfung auf Leitungsschäden, Detaildiagnose von Leitungsschäden, Notbetrieb bei vielen Leitungsschäden ohne merklichen Genauigkeitsverlust, automatische Reaktivierung des normalen Betriebsmodus bei Fehlerbehebung durch Wartungspersonal.

Durch das erfindungsgemäße Automatisierungssystem bzw. das erfindungsgemäße Erkennungs- und Korrekturverfahren werden sich selbständig wartende Automatisierungssysteme möglich. Besonders vorteilhaft ist dabei der Einsatz der Erfindung bei Automatisierungssystemen mit passiven nichtintelligenten Aktoren und Sensoren. Auftretende Fehler können ohne äußere Eingriffe und damit äußerst kostengünstig automatisch behoben werden. Der Wartungsaufwand von Automatisierungssystemen sinkt dadurch erheblich.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispieles beschrieben, das mit Hilfe von Zeichnungen näher erläutert wird. Hierbei zeigen:

- 25  
FIG 8 eine Installation eines Sensors/Aktors an einer Switch-Matrix einer Peripheriebaugruppe,  
FIG 9 eine Installation eines Vier-Draht-Widerstandgebers an einer Switch-Matrix einer Peripheriebaugruppe,  
30 FIG 10 eine Installation eines Drei-Draht-Widerstandgebers an einer Switch-Matrix einer Peripheriebaugruppe,  
FIG 11 eine Installation eines Zwei-Draht-Widerstandgebers an einer Switch-Matrix einer Peripheriebaugruppe,  
FIG 12 eine Identifizierung einer fehlerhaften Installation eines Vier-Draht-Widerstandgebers,  
35 FIG 13 eine Korrektur der Fehlbeschaltung aus FIG 12,



- FIG 14 einen Notbetrieb nach einem Drahtbruch bei der Beschaltung nach FIG 13,  
FIG 15 eine Installation eines Sensors/Aktors an einer alternativen Verbindungseinheit,  
5 FIG 16 eine Installation eines Sensors/Aktors an einer alternativen Verbindungseinheit bei Verzicht auf differenzielle Signale.

Ein Automatisierungssystem gemäß einer Ausführungsform der  
10 Erfindung weist eine Recheneinheit (CPU) und eine Anzahl über ein Bussystem mit der Recheneinheit verbundener Baugruppen auf, u.a. eine Peripheriebaugruppe 13 für die Verbindung des Automatisierungssystems mit einer Produktionsanlage. Als Peripheriebaugruppe 13 dient dabei eine Analog-Ein-/Ausgabebau-  
15 gruppe zum Anschluss von Aktoren und Sensoren.

Wie in FIG 8 schematisch abgebildet, ist gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in der Peripheriebaugruppe 13 des Automatisierungssystems zwischen den Feldgeräteanschlüssen 14  
20 der Peripheriebaugruppe 13 einerseits und den  $q > 0$  Anschlüssen 15 einer Speiseelektronik 16 sowie den  $p > 0$  Anschlüssen 17 einer Messelektronik 18 andererseits eine Switch-Matrix 19 eingefügt. Der an die Feldgeräteanschlüsse 13 angeschlossene Sensor 20 belegt dabei  $n+m-k$  Anschlüsse. Die durch den Sensor  
25 20 nicht belegten  $j \geq 0$  Anschlüsse der Peripheriebaugruppe 13 bleiben frei. Anstelle des Sensors 20 kann in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung auch ein Aktor angeschlossen werden.

30 Die Switch-Matrix 19 ist mit einer Auswerte- und Steuerungseinheit 21 verbunden, welche der Steuerung der Switch-Matrix 19 dient. Zugleich ist die Auswerte- und Steuerungseinheit 21 sowohl mit der Speiseelektronik 16, als auch mit der Messelektronik 18 verbunden und dient dabei neben der Steuerung  
35 der Speiseelektronik 16 auch der Auswertung der von der Messelektronik 18 empfangenen Messergebnisse. Als Auswerte- und Steuerungseinheit 21 dient ein digitaler Signalprozessor. Die

Auswerte- und Steuerungseinheit 21 ist über eine Kommunikationsbaugruppe mit der Recheneinheit des Automatisierungssystems verbunden (nicht abgebildet). In der Peripheriebaugruppe 13 erfolgt u.a. eine Aufbereitung, Linearisierung und Skalierung von Sensorsignalen etc., welche dann an die Recheneinheit weitergeleitet werden. In der Recheneinheit erfolgt die Ausführung entsprechender Regel- oder Steuerungsroutinen, nach deren Abschluss Steuerungsinformationen an die Auswerte- und Steuerungseinheit 21 rückübertragen werden. Auf der Grundlage der rückübertragenen Steuerungsinformationen erfolgt schließlich eine gezielte Beeinflussung des Prozesses durch die Auswerte- und Steuerungseinheit 21. Die für eine Korrektur eines erkannten Anschlussfehlers benötigten Informationen, wie beispielsweise Feldgerätetyp oder Projektierung, sind dabei in einem nichtflüchtigen Speicher (nicht abgebildet) der Peripheriebaugruppe 13 gespeichert, auf den die Auswerte- und Steuerungseinheit 21 zugreifen kann.

Die Speiseelektronik 16 umfasst eine Strom- oder Spannungsquelle, die von der Auswerte- und Steuerungseinheit 21 aus gesteuert wird. Hierzu wird ein Digital-Analog-Wandler mit nachgeschaltetem Verstärker verwendet, der Strom oder Spannung entsprechend einem vorgegebenen Signalwert ausgibt. Die Messelektronik 18 umfasst einen analogen Messverstärker sowie einen Analog-Digital-Wandler zur Umwandlung der für die Auswerte- und Steuerungseinheit 21 vorgesehenen Signale.

Die nur schematisch abgebildete Switch-Matrix 19 ist in einer Ausführungsform der Erfindung gemeinsam mit der Speiseelektronik 16, der Messelektronik 18 und der Auswerte- und Steuerungseinheit 21 auf einem einzigen integrierten Schaltkreis realisiert. Alternativ hierzu ist auch ein diskreter Aufbau der Switch-Matrix mit Transistoren oder analogen Schaltkreisen möglich. Wichtig ist, dass ein Schalten der Switch-Matrix automatisch, d.h. ohne manuelle Betätigung, erfolgen kann.

FIG 9 bis 11 zeigen beispielhaft die Stellungen einer erfindungsgemäßen Switch-Matrix 19 bei korrekt angeschlossenen Vier-, Drei- und Zwei-Draht-Widerstandsgebern. Hierbei sind die eine Verbindung herstellenden Matrixknoten 22 graphisch  
5 hervorgehoben. Durch Speisung und Messung an verschiedenen durch die Switch-Matrix 19 auf einfache Art und Weise realisierbaren Kombinationen von Anschlüssen 14 des Widerstandsgebers 23 kann beispielsweise eine Identifizierung von Speise- und Messleitungen sowie eine Messung der Leitungswiderstände  
10 erfolgen.

Als ein Anwendungsbeispiel der Erfindung ist in den FIG 12 und 13 die Korrektur von Installationsfehlern von Widerstandsgebern 23 illustriert.

15 FIG 12 zeigt einen falsch beschalteten Widerstandsgeber 23. Um die Schaltungskonfiguration zu identifizieren wird zunächst der Widerstand zwischen den Anschlüssen A und B gemessen. Hierzu werden die Schalter K9 und K14 geschlossen und  
20 durch die Speiseelektronik 16 ein Strom zwischen A und B eingespeist. Die Schalter K1 und K6 werden ebenfalls geschlossen. Mit der Messelektronik 18 wird die Spannung zwischen den Anschlüssen A und B gemessen. Die Auswerte- und Steuerungseinheit 21 berechnet aus dem Ergebnis der Spannungsmessung  
25 und der Größe des eingespeisten Stromes den Widerstand zwischen den Anschlüssen A und B. Anschließend erfolgt die Ermittlung des Widerstandes zwischen den Anschlüssen A und C (K1, K7, K9 und K15 geschlossen) und des Widerstandes zwischen den Anschlüssen A und D (K1, K8, K9 und K16 geschlossen)  
30 sen) sowie des Widerstandes zwischen den Anschlüssen C und D (K3, K8, K11 und K16 geschlossen). Da bei der aktuellen Schaltungskonfiguration die Widerstände zwischen den Anschlüssen A und B bzw. den Anschlüssen C und D sehr viel geringer sind als die annähernd identischen Widerstände zwischen den Anschlüssen A und C bzw. A und D, kann daraus eindeutig auf die aktuelle Fehlbeschaltung geschlossen werden.  
35

Diese Fehlbeschaltung wird mit der in FIG 13 dargestellten Stellung der Switch-Matrix 19 ohne Genauigkeitsverlust und ohne Einsatz des Wartungspersonals automatisch korrigiert, wobei die Switch-Matrix 19 die entsprechenden Steueranweisungen von der Auswerte- und Steuerungseinheit 21 erhält.

Als ein weiteres Anwendungsbeispiel der Erfindung ist die Korrektur von Drahtbrüchen an Widerstandsgebern 23 in den FIG 14 und 15 illustriert.

Kommt es durch eine Bewegung, beispielsweise aufgrund einer Schleppleitung oder einer beweglichen Sensoranschaltung oder dergleichen, zu einem Bruch einer Speiseleitung 10, dann ist der Sensor 20 nicht mehr betriebsfähig. Durch Anwendung der Erfindung ist es nun nicht mehr erforderlich, die Produktionsanlage stillzulegen, den Sensor 20 auszutauschen und die Produktionsanlage anschließend wieder hochzufahren. Stattdessen erfolgt mittels der Switch-Matrix 19 eine interne Korrektur der Beschaltung, beispielsweise derart, dass eine der Messleitungen 11 als Speiseleitung 10 verwendet wird. Somit ist ein weiterer Betrieb des Sensors 20 ohne Stillstand der Produktionsanlage gewährleistet.

Tritt beispielsweise bei der Fehlbeschaltung aus Abbildung 13 ein Drahtbruch an Anschluss B auf, kann durch die gleichen Widerstandsmessungen wie im vorherigen Beispiel der Fehler eindeutig identifiziert werden. Der Widerstandsgeber 23 kann mit der in FIG 14 dargestellten Stellung der Switch-Matrix 19 als Drei-Draht-Widerstandsgeber betrieben werden. Messungenauigkeiten ergeben sich aufgrund des Leitungswiderstandes zwischen Anschluss A und dem Widerstandsgeber 23. Da dieser Widerstand jederzeit annähernd bestimmt werden kann, können die Messungenauigkeiten jedoch bei der nachfolgenden Messwertaufbereitung kompensiert werden.

Bei anderen Beschaltungsfehlern oder Drahtbrüchen als in den eben beschriebenen Ausführungsbeispielen müssen nach der oder

den ersten Widerstandsmessung(en) Anpassungen an der Reihenfolge und Art der weiteren Messungen vorgenommen werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird anstelle  
5 einer expliziten Switch-Matrix eine implizite Verbindungseinheit verwendet, die durch Vervielfältigung der Mess- und Speiseleitungen 10, 11 und der entsprechenden Mess- und Speisekomponenten 24, 25 realisiert wird. Eine solche Verbindungseinheit 26 ist in FIG 15 abgebildet. Sie findet vorzugs-  
10 weise Verwendung, wenn lediglich eine geringe Anzahl von Speise- und Messleitungen 10, 11 benötigt werden. Messung und Speisung sind dabei für alle  $j*(j+1)/2$  Kombinationen der  $j$  Anschlüsse der Peripheriebaugruppe 13 vorgesehen. Jedoch sind zur Identifizierung der Beschaltung und zur automatischen  
15 Korrektur von Anschlussfehlern und Leitungsschäden je nach Sensor- bzw. Aktortyp nicht alle Kombinationen von Messung und Speisung erforderlich. Wird auf differenzielle Signale verzichtet, müssen nur noch maximal  $j$  Speisungen und  $j$  Messungen existieren. Eine solche Verbindungseinheit 27 ist in  
20 FIG 16 abgebildet.

## Patentansprüche

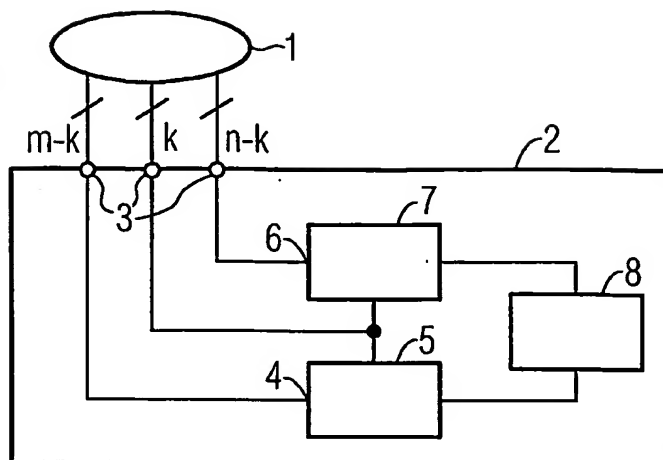
1. Automatisierungssystem,
  - mit Anschlüssen (14) für Feldgeräte (20),
  - 5 - mit einer Speisekomponente (16) und einer Messkomponente (18) für die Feldgeräte (20) und
  - mit einer Verbindungseinheit (19) zur wahlfreien Verbindung der Feldgeräteanschlüsse (14) mit den Anschlüssen (15, 17) der Speise- bzw. Messkomponente (16, 18).
- 10 2. Automatisierungssystem nach Anspruch 1, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Verbindungseinheit (19) eine Switch-Matrix ist.
- 15 3. Automatisierungssystem nach Anspruch 2, g e -  
k e n n z e i c h n e t d u r c h durch eine  
Steuerungseinheit (21) zur Steuerung der Switch-Matrix (19).
- 20 4. Automatisierungssystem nach Anspruch 3, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass Switch-Matrix (19) und Steuerungseinheit (21) als Be-  
standteile eines integrierten Schaltkreises ausgebildet sind.
- 25 5. Verfahren zur Erkennung von Anschlussfehlern bei an ein  
Automatisierungssystem angeschlossenen Feldgeräten (20), mit  
den Schritten:
  - Einspeisen eines Signals in ein Feldgerät (20) durch eine  
Speisekomponente (16),
  - Bestimmen einer dem Feldgerät (20) zugeordneten Messgröße
  - 30 durch eine Messkomponente (18) und
  - Auswerten der Messgröße durch eine Auswerteeinheit (21),  
wobei mittels einer Verbindungseinheit (19) zur wahlfreien  
Verbindung von Feldgeräteanschlüssen (14) und Anschlüssen  
(15, 17) der Speise- bzw. Messkomponente (16, 18) für das
  - 35 Einspeisen des Signals und das Bestimmen der Messgröße je-  
weils frei wählbare Anschlusskombinationen verwendet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, g e k e n n -  
z e i c h n e t d u r c h ein Wiederholen des  
Einspeisens und Bestimmens unter Verwendung anderer An-  
schlusskombinationen.
- 5
7. Verfahren nach Anspruch 6, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass das Wiederholen  
und/oder die Auswahl der verwendeten Anschlüsse (14) in Ab-  
hängigkeit von dem Ergebnis der Auswertung einer vorhergehen-  
10 den Messung erfolgt.
8. Verfahren zur Korrektur von Anschlussfehlern bei an ein  
Automatisierungssystem angeschlossenen Feldgeräten (20), mit  
den Schritten:
- 15 - Erkennen eines Anschlussfehlers und  
- Korrigieren des Anschlussfehlers mittels einer Verbindungse-  
inheit (19) zur wahlfreien Verbindung von Feldgerätee-  
anschlüssen (14) und Anschlüssen (15, 17) einer Speise- bzw.  
Messkomponente (16, 18).
- 20
9. Verfahren nach Anspruch 8, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass das Korrigieren  
des Anschlussfehlers ein Anpassen der Verbindungseinheit (19)  
an den Feldgerätetyp umfasst.
- 25
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, d a d u r c h -  
g e k e n n z e i c h n e t , dass das Korri-  
gieren des Anschlussfehlers ein Abgleichen mit einer bekann-  
ten Projektierung und ein entsprechendes Anpassen der Verbin-  
30 dungseinheit (19) umfasst.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 10, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Verbindungseinheit (19) durch eine Steuerungseinheit  
35 (21) gesteuert wird.

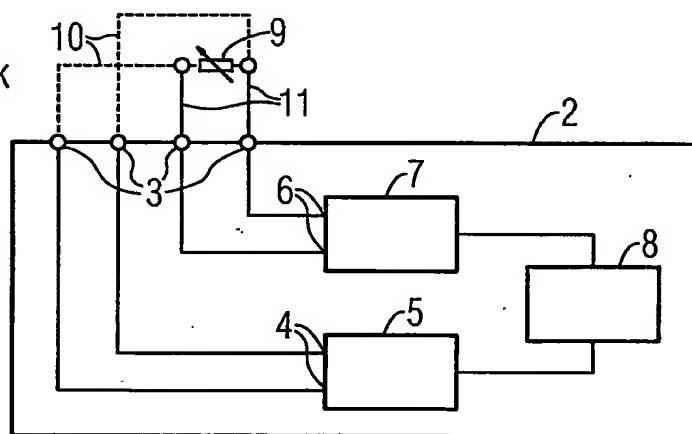
12. Verwendung einer Verbindungseinheit (19) zur wahlfreien Verbindung von Feldgeräteanschlüssen (14) eines Automatisierungssystems mit Anschlüssen (15, 17) einer Speise- bzw. Messkomponente (16, 18) des Automatisierungssystems.



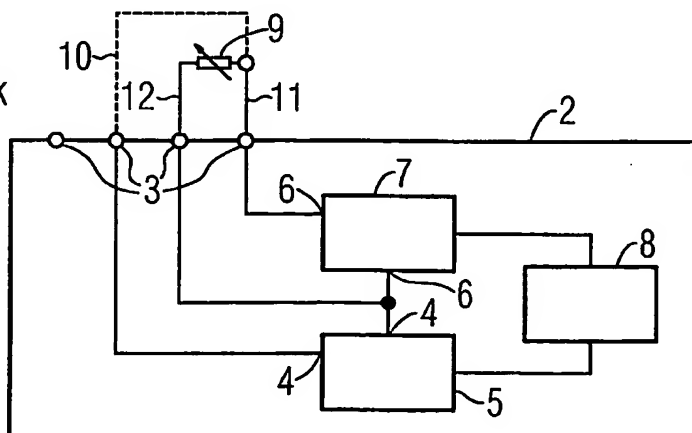
**FIG 1**  
Stand der Technik



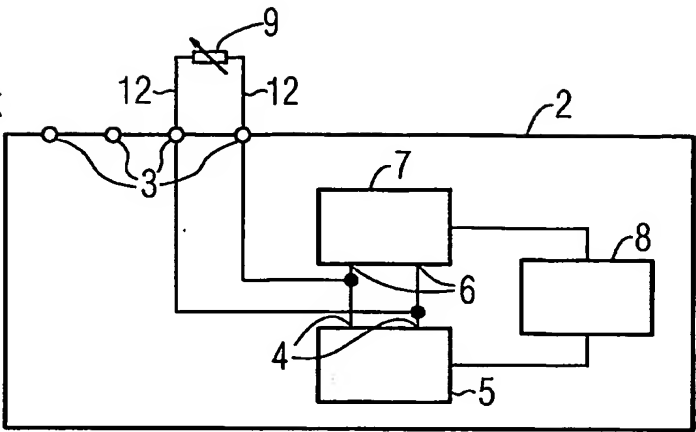
**FIG 2**  
Stand der Technik



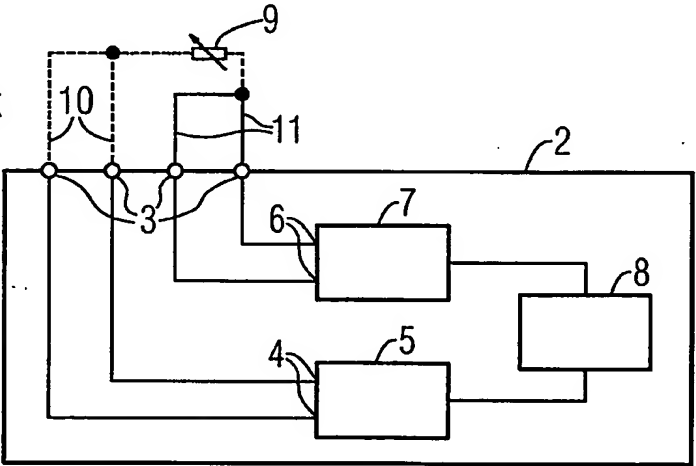
**FIG 3**  
Stand der Technik



**FIG 4**  
Stand der Technik



**FIG 5**  
Stand der Technik



**FIG 6**  
Stand der Technik

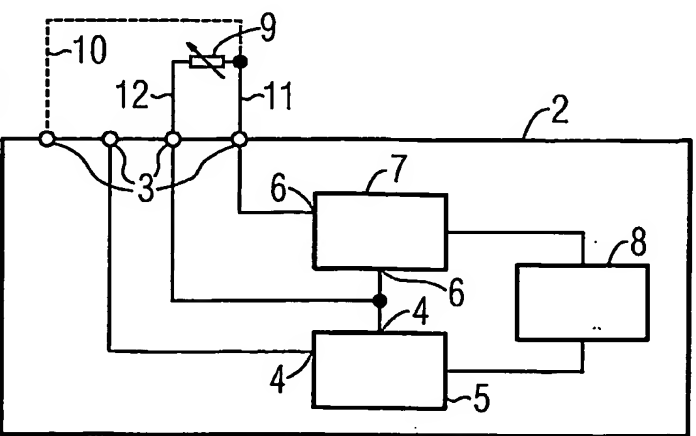


FIG 7

## Stand der Technik

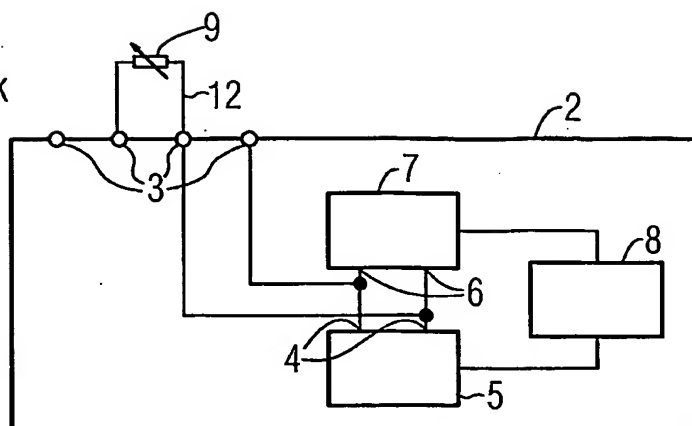


FIG 8

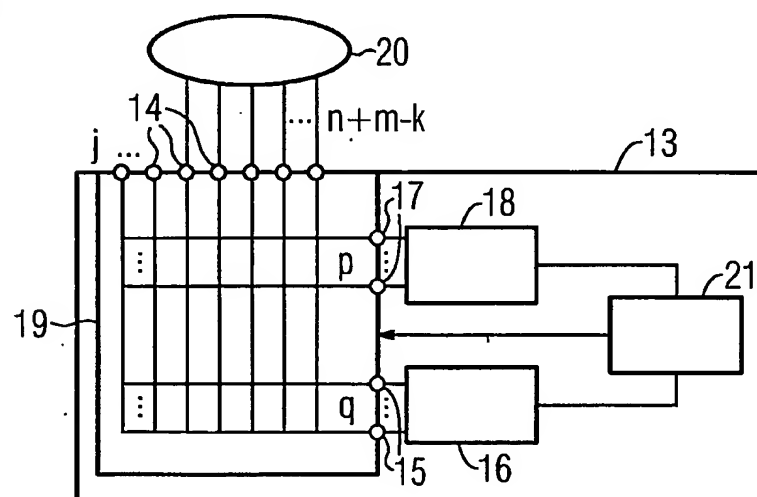


FIG 9

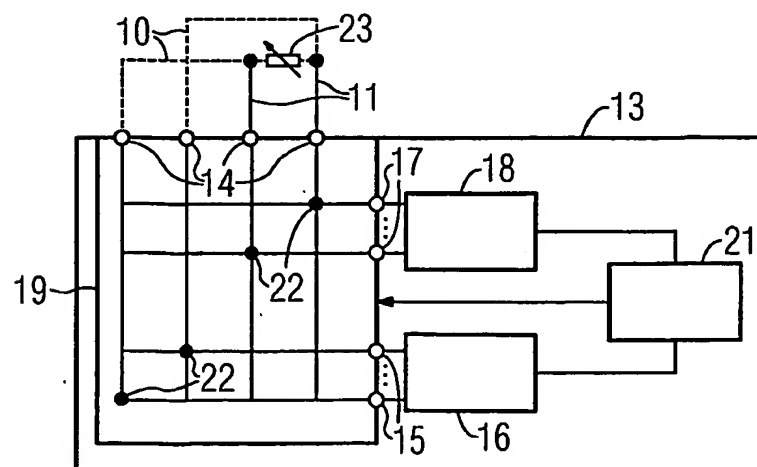


FIG 10

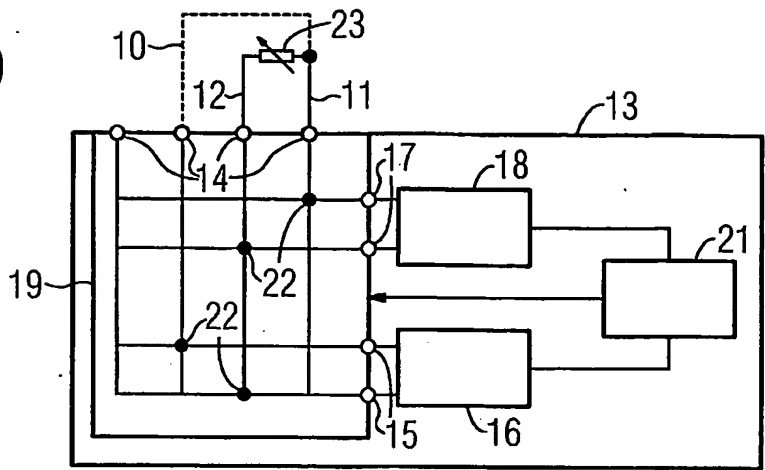


FIG 11

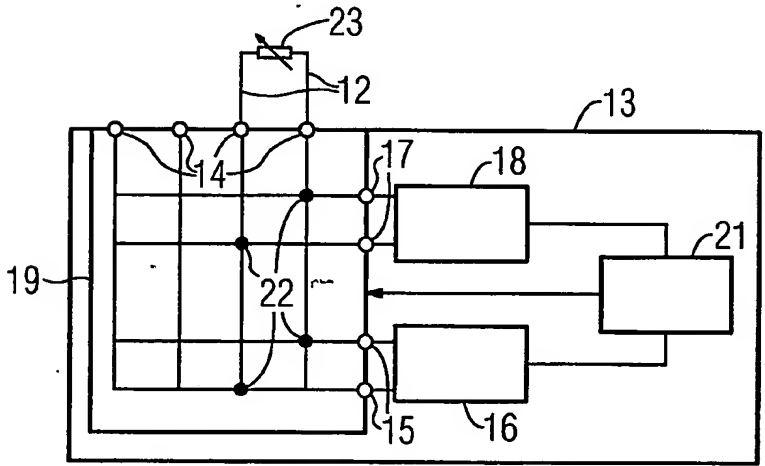


FIG 12

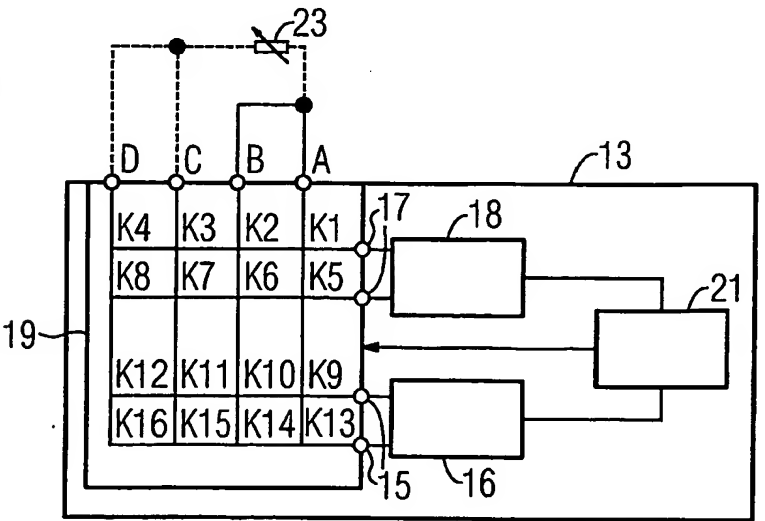


FIG 13

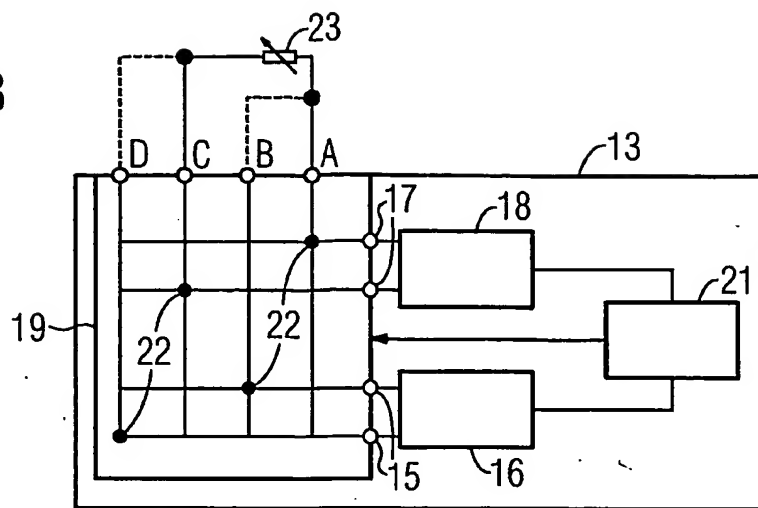


FIG 14

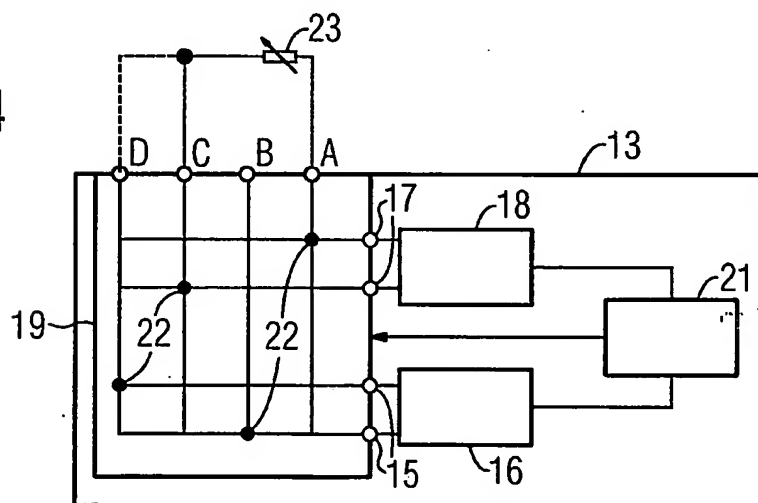


FIG 15

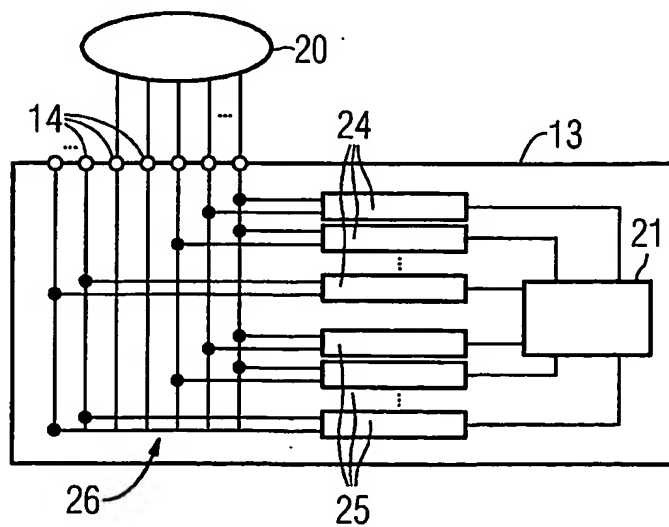


FIG 16

